

OPTICAL WINDOW FOR INFRARED CAMERA, INFRARED CAMERA USING THE SAME AND PRODUCTION METHOD FOR THE OPTICAL WINDOW

Publication number: JP2002372763

Publication date: 2002-12-26

Inventor: MINAMI SHINTAROU; HAYASHI OSAMU; NAKANO YOSHITAKA; TAMAGAWA YUKIHISA; KAMOZAWA MAKOTO; KURATA TETSUYUKI

Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP

Classification:

- International: G03B15/00; G02B1/10; G02B1/11; G02B5/22; G02B7/00; G03B11/00; G03B17/02; G03B41/00; G03B15/00; G02B1/10; G02B5/22; G02B7/00; G03B11/00; G03B17/02; G03B41/00; (IPC1-7): G03B41/00; G02B1/10; G02B1/11; G02B5/22; G02B7/00; G03B11/00; G03B15/00; G03B17/02

- European: G02B1/10B; G02B1/11

Application number: JP20010293785 20010926

Priority number(s): JP20010293785 20010926; JP20010111263 20010410

Also published as:



US6785044 (B2)

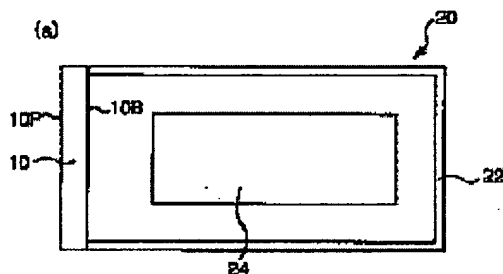


US2002176158 (A1)

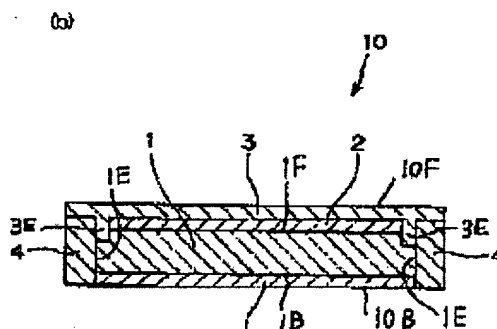
Report a data error here

Abstract of JP2002372763

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical window for infrared camera equipped with an inexpensive protecting film having satisfactory transmittance and an infrared camera using this optical window. **SOLUTION:** In the optical window for infrared camera for transmitting infrared rays radiated from an object, this optical window is provided with an infrared transmitting substrate having a first principal face for making infrared rays incident, a second principal face confronted to the first principal face for emitting infrared rays and a side face, a reflection preventing film covering the first and second principal faces of the infrared transmitting substrate, and the protecting film composed of polymer materials, which covers the reflection preventing film of the first principal face.



10: 赤外線カメラ用窓レンズ
10B: 第2主面
22: 防水ケース
20: 赤外線発光部
24: 光学系



1: 赤外線透過基板
2: 反射防止膜
3: 保護膜
4: 枠
1E: 側面
1F: 第1主面
1B: 第2主面

1/2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-372763

(P2002-372763A)

(43) 公開日 平成14年12月26日 (2002. 12. 26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマート(参考)
G 0 3 B 41/00		G 0 3 B 41/00	2 H 0 4 8
G 0 2 B 1/10		G 0 2 B 5/22	2 H 0 8 3
1/11		7/00	G 2 H 1 0 0
5/22		G 0 3 B 11/00	2 K 0 0 9
7/00		15/00	U
審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 12 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-293785(P2001-293785)
 (22) 出願日 平成13年9月26日 (2001. 9. 26)
 (31) 優先権主張番号 特願2001-111263(P2001-111263)
 (32) 優先日 平成13年4月10日 (2001. 4. 10)
 (33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
 (72) 発明者 南 伸太郎
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内
 (72) 発明者 林 修
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内
 (74) 代理人 100062144
 弁理士 青山 葆 (外1名)

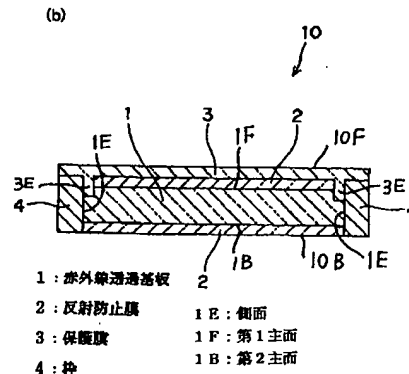
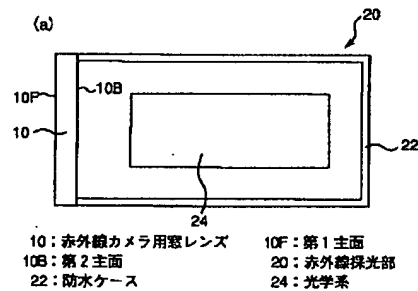
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 赤外線カメラ用光学窓およびそれを用いた赤外線カメラ並びに赤外線カメラ用光学窓の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 安価で良好な透過性を有する保護膜を備えた赤外線カメラ用光学窓、および、これを用いた赤外線カメラを提供する。

【解決手段】 本発明の赤外線カメラ用光学窓は、被写体から放射された赤外線透過させる赤外線カメラ用光学窓であって、赤外線が入射する第1主面と、第1主面に対向し、かつ赤外線が出射する第2主面と、側面とを有する赤外線透過基板と、赤外線透過基板の第1主面および第2主面を覆う反射防止膜と、第1主面の反射防止膜を覆う高分子材料からなる保護膜とを備える。



FP04-0012
 '06.12.22
 OA (JP)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被写体から放射された赤外線透過させる赤外線カメラ用光学窓であって、

該赤外線が入射する第1主面と、該第1主面に対向し、かつ該赤外線が出射する第2主面と、側面とを有する赤外線透過基板と、

該赤外線透過基板の該第1主面および該第2主面を覆う反射防止膜と、

該第1主面の該反射防止膜を覆う高分子材料からなる保護膜とを備えた赤外線カメラ用光学窓。

【請求項2】 前記高分子材料は、重量平均分子量が160万以上の超高分子量高密度ポリエチレンである請求項1に記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項3】 前記保護膜は厚さが0.1mm以下であり、該保護膜は融着によって前記第1主面の前記反射防止膜の上に接着されてなる請求項2に記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項4】 前記赤外線透過基板は、前記側面に金属製の枠が設けられてなる請求項1から3のいずれか一つに記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項5】 前記赤外線透過基板の前記第1主面上の前記保護膜が前記枠の表面を覆い、該枠の該表面が粗く加工された請求項4に記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項6】 前記金属製の枠の線膨張係数が、前記赤外線透過基板の線膨張係数よりも大きい請求項4または5に記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項7】 前記金属製の枠の線膨張係数と、前記赤外線透過基板の線膨張係数との差が 2×10^{-6} 以上である請求項6に記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項8】 前記赤外線透過基板の前記側面と前記金属製の枠との間に、前記保護膜が挟み込まれた請求項4から7のいずれか一つに記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項9】 前記赤外線透過基板はシリコンから成り、厚さが1mm～3mmであることを特徴とする請求項1から8のいずれか一つに記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項10】 前記赤外線透過基板の第1主側の反射防止膜と前記保護膜との間に、重量平均分子量が1～50万のポリエチレンから成る接着層を有することを特徴とする請求項1から9のいずれか一つに記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項11】 前記保護膜は、前記低密度層の直上の高密度層と、該高密度層上に形成された低密度層と、から成ることを特徴とする請求項1から10のいずれか一つに記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項12】 前記低密度層は、前記高密度層に近づくにつれて屈折率が大きくなる屈折率勾配を有することを特徴とする請求項11に記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項13】 前記赤外線透過基板は、レンズ作用を発現可能な曲面形状を有することを特徴とする請求項1

から12のいずれかに記載の赤外線カメラ用光学窓。

【請求項14】 被写体から放射された赤外線透過させる光学窓と、該光学窓を通過した赤外線を結像させる光学系とを有する赤外線カメラにおいて、

請求項1から13のいずれか一つに記載の赤外線カメラ用光学窓を有して成ることを特徴とする赤外線カメラ。

【請求項15】 少なくとも、被写体から放射された赤外線が入射する第1主面と、該第1主面に対向し、かつ該赤外線が出射する第2主面とを有する赤外線透過基板と、該赤外線透過基板の該第1主面および該第2主面を覆う一対の反射防止膜と、該第1主面側の反射防止膜を覆う保護膜と、を有する赤外線カメラ用光学窓の製造方法であって、

前記赤外線透過基板の第1主面側の反射防止膜の上に、保護膜となる超高分子量高密度ポリエチレンフィルムを載置して積層体となし、該積層体を加熱した一対の金型により加圧挟持せしめて、前記のポリエチレンフィルムを前記の第1主面側の反射防止膜に融着させることを特徴とする赤外線カメラ用光学窓の製造方法。

【請求項16】 前記一対の金型の内、前記のポリエチレンフィルム側の金型は微細な凹凸から成る型面を有し、該型面を前記保護膜の表面に転写し、該保護膜の表面に前記の低密度層を形成することを特徴とする請求項15記載の製造方法。

【請求項17】 前記保護膜の表面に重量平均分子量1～50万のポリエチレンフィルムを融着させ、該ポリエチレンフィルムを酸性溶液でエッチングして、前記保護膜の表面に前記の低密度層を形成することを特徴とする請求項15記載の製造方法。

【請求項18】 前記赤外線透過基板の第1主面及び第2主面の少なくとも一方は曲面形状を有し、該曲面形状と整合可能な表面形状を有する弾性部材を、前記の第1主面側の金型と前記積層体との間に配置し、前記弾性部材を介在させて積層体を加圧挟持し、前記の超高分子量高密度ポリエチレンを前記反射防止膜に融着させることを特徴とする請求項15から17のいずれか一つに記載の製造方法。

【請求項19】 前記の赤外線透過基板の曲面形状が、3次元のxyz座標を用いて、

$$z = f(x, y)$$

で表されるとき、前記の曲面形状に整合可能な前記弾性部材の表面形状が、

$$z = f(ax, ay) / a, \quad 0 < a \leq 1$$

で表されるときを特徴とする請求項18記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は赤外線透過光学体に関し、特に約8～12μmの波長領域にある赤外線を透過させる赤外線カメラ用光学窓、およびそれを用いた赤

外線カメラ並びに赤外線カメラ用光学窓の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】赤外線カメラに用いられる赤外線カメラ用光学窓の保護膜、特に $8\sim 12\mu\text{m}$ の波長の赤外線を透過する赤外線透過光学材料の耐環境暴露に対する保護膜として、従来から知られているものに、特開平1-259301号公報や特開平1-56401号公報に開示されたダイヤモンド薄膜及びダイヤモンド構造を含むカーボン薄膜がある。

【0003】図6(a)は従来の赤外線カメラ用光学窓30の断面図であり、図6(b)は、(a)の赤外線カメラ用光学窓30を赤外線が入射される面(図6(a)の矢印方向)から見た平面図である。従来の赤外線カメラ用光学窓30は、ゲルマニウムなどの赤外線透過基板32と、反射防止膜34と、保護膜36とから形成されている。

【0004】赤外線透過基板32の材料としては、ゲルマニウム以外にも、シリコン、 ZnS 、 ZnSe 、 KBr 、 KCl 、 NaCl 、 CsI 、 CsBr などの無機単結晶材料を用いることができる。赤外線透過基板32として、ゲルマニウム、シリコン、 ZnS 、 ZnSe など屈折率の高い材料を用いた場合には、空気との屈折率差による表面反射損失を低減するために、図6(a)に示すように、基板1の両主面に反射防止膜34が形成される。また、このような反射防止膜34の表面を保護するために、反射防止膜34表面に保護膜36として、ダイヤモンド薄膜及びダイヤモンド構造を含むカーボン薄膜が形成される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、保護膜として使用されるダイヤモンド薄膜及びダイヤモンド構造を含むカーボン薄膜(以下、 DLC 薄膜と略す)は、高価であるという欠点がある。

【0006】そこで本発明は、高価なダイヤモンド薄膜や DLC 薄膜からなる保護膜に替えて、安価で良好な透過性を有する保護膜を備えた赤外線カメラ用光学窓、および、これを用いた赤外線カメラを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の赤外線カメラ用光学窓は、被写体から放射された赤外線を透過させる赤外線カメラ用光学窓であって、赤外線が入射する第1主面と、この第1主面に対向し、赤外線が出射する第2主面と、側面とを有する赤外線透過基板と、赤外線透過基板の第1主面および第2主面を覆う反射防止膜と、第1主面の反射防止膜を覆う高分子材料からなる保護膜とを備える。

【0008】上記のような本発明の赤外線カメラ用光学窓によると、高分子材料からなる保護膜を使用すること

により、従来のように保護膜として高価なダイヤモンド薄膜や DLC 薄膜を使用する必要がないので、赤外線カメラ用光学窓の低コスト化を図ることができる。

【0009】上記保護膜の材料である高分子材料は、重量平均分子量が160万以上の超高分子量高密度ポリエチレンであることが好ましい。超高分子量高密度ポリエチレンは、耐衝撃強度、耐摩耗性、および耐水性が非常に高く、自己潤滑性も非常に高いために、赤外線透過基板の表面保護膜としての特性に優れるからである。また、従来使用されていたダイヤモンド薄膜及び DLC 薄膜からなる保護膜と同等以上の赤外線透過性を有し、約 $8\sim 12\mu\text{m}$ の波長の赤外線透過性も良好であるため、透過率低下を抑制できる。

【0010】上記保護膜は厚さが 0.1mm 以下であることが好ましく、これにより、厚さによる透過率の低下を抑制できる。また、保護膜は、融着によって第1主面の反射防止膜上に接着されることが好ましく、これにより、保護膜を強固に反射防止膜上に接着可能である。

【0011】上記赤外線透過基板の側面に、金属製の枠が設けられることが好ましい。

【0012】赤外線透過基板の第1主面上の保護膜が枠の表面を覆い、保護膜が覆われる枠の表面が粗く加工されていることが好ましい。これにより、保護膜を枠の表面により強固に接着できるからである。

【0013】上記金属製の枠の 1°C 当たりの線膨張係数が、赤外線透過基板の線膨張係数がよりも大きいことが好ましい。本赤外線カメラ用光学窓の製造工程において、保護膜を赤外線透過基板表面に接着させるために加熱した時に、上記線膨張係数の差により、枠が赤外線透過基板よりも膨張する。これにより、赤外線透過基板の側面と基板の外周を囲む枠との間に隙間が生じ、この隙間に保護膜を挟み込むことができるからである。

【0014】また、金属製の枠の線膨張係数と、赤外線透過基板の線膨張係数との差が 2×10^{-6} 以上であれば、上記加熱工程において、枠と基板の側面との間に十分な隙間を形成できるので、赤外線透過基板と枠との間に確実に保護膜を挟み込むことができる。

【0015】上述したように、赤外線透過基板の側面と金属製の枠との間に、保護膜が挟み込まれていれば、保護膜を基板表面から剥がれにくくすることができる。

【0016】上述したような赤外線カメラ用光学窓を、赤外線カメラの光学窓として使用すれば、安価で感度の高い赤外線カメラを提供することができる。

【0017】また、赤外線透過基板には、シリコンから成り、厚さが $1\text{mm}\sim 3\text{mm}$ であるものを用いることができる。

【0018】また、赤外線透過基板の第1主面側の反射防止膜と保護膜との間に、重量平均分子量が $1\sim 50$ 万のポリエチレンから成る接着層を設けたものを用いることができる。

10

20

30

40

50

【0019】また、保護膜には、反射防止膜の直上の高密度層と、その高密度層上に形成された低密度層とを有するものを用いることができる。

【0020】また、低密度層は、高密度層に近づくにつれて屈折率が大きくなるような屈折率勾配を有するものを用いることができる。

【0021】また、赤外線透過基板は、レンズ作用を発現可能な曲面形状を有するものを用いることができる。

【0022】また、本発明の赤外線カメラは、被写体から放射された赤外線を通過させる光学窓と、該光学窓を通過した赤外線を結像させる光学系とを有する赤外線カメラにおいて、請求項1から15のいずれか一つに記載の赤外線カメラ用光学窓を有して成ることを特徴とする。

【0023】また、本発明の赤外線カメラ用光学窓の製造方法は、少なくとも、被写体から放射された赤外線が入射する第1主面と、該第1主面对向し、かつ該赤外線が出射する第2主面とを有する赤外線透過基板と、該赤外線透過基板の該第1主面および該第2主面を覆う対の反射防止膜と、該第1主面側の一方の反射防止膜を覆う保護膜と、を有する赤外線カメラ用光学窓の製造方法であって、前記赤外線透過基板の第1主面側の反射防止膜の上に、保護膜となる超高分子量高密度ポリエチレンフィルムを載置して積層体となし、該積層体を加熱した一対の金型により加圧挾持せしめて、前記のポリエチレンフィルムを前記の第1主面側の反射防止膜に融着させることを特徴とする。

【0024】また、一対の金型の内、超高分子量高密度ポリエチレンフィルム側の金型は微細な凹凸から成る型面を有し、その型面を保護膜の表面に転写して、低密度層を形成することができる。

【0025】また、保護膜の表面に、重量平均分子量1～50万のポリエチレンフィルムを融着させ、その融着させた重量平均分子量1～50万のポリエチレンフィルムを酸性溶液によりエッチングして、保護膜の表面に低密度層を形成することができる。

【0026】また、赤外線透過基板の第1主面及び第2主面の少なくとも一方は曲面形状を有し、その曲面形状と整合可能な表面形状を有する弾性部材を、第1主面側の金型と積層体との間に配置し、弾性部材を介在させて積層体を加圧挾持することにより、超高分子量高密度ポリエチレンを反射防止膜に融着させることができる。

【0027】また、赤外線透過基板の曲面形状が、3次元のxyz座標を用いて、 $z=f(x, y)$ 、で表されるとき、その曲面形状に整合可能な弾性弾性部材の表面形状が、 $z=f(ax, ay)/a$ 、 $0<a\leq 1$ 、で表される弾性部材を用いることができる。

【0028】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1(a)は本実施の形態に係る赤外線カメラの赤外線探光部20の模式

図であり、赤外線探光部20には、本発明の赤外線カメラ用光学窓10が用いられている。図1(a)に示される赤外線探光部20は、赤外線カメラ用光学窓10が設けられた防水ケース22と、防水ケース22の中に配置されたレンズや撮像素子などの光学系24とを有し、光学系24は外気から遮断されている。被写体から放射された赤外線は、上記のような赤外線カメラ用光学窓10をその第1主面10Fから、第1主面10Fに対向する第2主面10Bに向かって透過し、光学系24に入射する。

【0029】例えば上記のような赤外線探光部20、およびデータ処理回路などを有して、赤外線カメラは形成される。以下、このような赤外線カメラに使用される、本実施の形態である赤外線カメラ用光学窓10について説明する。

【0030】本実施の形態の赤外線カメラ用光学窓10は図1(b)に示すように、赤外線透過基板1を有し、赤外線透過基板1は、対向する両主面である第1主面1Fおよび第2主面1Bと、側面1Eとを有する。赤外線透過基板1において、赤外線は第1主面1Fに入射し、第2主面1Bから出射し、図1(a)の光学系24に入射する。赤外線透過基板1の第1主面1Fおよび第2主面1Bには反射防止膜2が形成され、第1主面1Fの反射防止膜2の上には保護膜3が形成されている。また、赤外線透過基板1の側面2Eには、赤外線透過基板1の外周を囲む金属製の枠4が設けられている。

【0031】上記のような赤外線カメラ用光学窓10において、赤外線透過基板1の第1主面1Fに設けられた保護膜3は、重量平均分子量が160万以上600万以下、好ましくは200万以上360万以下の超高分子量高密度ポリエチレンから形成されている。超高分子量高密度ポリエチレンは、従来保護膜として使用されていたダイヤモンド薄膜またはDLC薄膜に比べて安価であるので、赤外線カメラ用光学窓を低コストで提供することができる。

【0032】また、超高分子量高密度ポリエチレンは、約8～12 μ mの波長領域の赤外線の吸収が非常に少ないため、透過率の低下を抑制できる。なお、厚さによる透過率の低下を考慮すると、超高分子量高密度ポリエチレンからなる保護膜3の厚さは0.1mm以下、より好ましくは0.05mm以下である。また、超高分子量高密度ポリエチレンは、耐衝撃強度、耐摩耗性、および耐水性が非常に高く、自己潤滑性も非常に高いために、赤外線透過基板1の表面保護膜としての特性に優れる。なお、耐衝撃強度、耐摩耗性、および耐水性を十分に確保するため、保護膜3の厚さは20 μ m以上であることが好ましい。

【0033】以下、本実施の形態の赤外線カメラ用光学窓10について、より詳細に説明する。

【0034】図2(a)は、図1(b)の赤外線カメラ

用光学窓10を赤外線の入射面である第1主面10Fから見た平面図である。赤外線透過基板1は、その第1主面10F全体に反射防止膜2が形成され(図2(a)には不図示)、第1主面10F上の反射防止膜2全体が図2(a)に示されるように保護膜3で覆われている。円形状の保護膜3において、図2(a)に点線で示す保護膜3の外周付近部分3Eは、図1(b)に示すように、赤外線透過基板1と枠4との間に挟み込まれている。

【0035】一方、図2(b)は、図1(b)の赤外線カメラ用光学窓10を第2主面10Bから見た平面図である。図2(b)に示されるように、赤外線透過基板1はその第2主面1B全体に反射防止膜2が形成されており、赤外線透過基板1の側面1Eには、赤外線透過基板1の外周を囲むように、金属製の枠4が設けられている。

【0036】上記赤外線透過基板1には、シリコン、ゲルマニウム、ZnS、またはZnSeなどの約8~12 μ mの波長領域の赤外線を透過する材料が使用される。また、赤外線透過基板1の側面に設ける枠4は、銅(鉄)、ステンレス、黄銅、りんせい銅、チタン、またはマグネシウム合金などの金属から形成されることが好ましい。なお、製造方法の説明において後述するが、赤外線透過基板1よりも枠4の線膨張係数が大きいように、赤外線透過基板1および枠4の材料を選択することが好ましい。

【0037】上記赤外線透過基板の材料にシリコンを用いると、ゲルマニウムなどの比較的高価な材料を用いた場合に比べ、より低コストの光学窓を提供できる。ここで、シリコンは赤外線に対して吸収を持ち、波長8~12 μ m帯の赤外線に対して厚さ1mm当り約10%の光量損失を発生する。このため、シリコンから成る基板を用いる場合、その厚さを3mm以下とすることにより、赤外線の吸収による透過率の低下を約30%以内に抑えることができる。また、基板の厚さを1mm以上とすることにより、衝撃に対して十分な強度を有し、屋外での使用にも十分耐えることができる。

【0038】上記赤外線透過基板1の両主面1Fおよび1Bを覆う反射防止膜2には、保護膜3と保護膜3が設けられる赤外線透過基板1の第1主面1Fとの界面における反射を防止し、かつ、赤外線透過基板1の第2主面1Bと空気との界面における反射を防止することができる膜を選定すればよく、例えばGe、ZnSeまたはZnSなどからなる膜を使用することができる。

【0039】以下に、図4を参照しながら本実施形態による赤外線カメラ用光学窓10の製造方法の一例を説明する。図4(a)~(d)は、本実施形態の赤外線カメラ用光学窓10の製造方法を説明するための図である。

【0040】まず、対向する両主面1Fおよび1Bに反射防止膜2が形成された、シリコンからなる赤外線透過基板1を用意し、図4(a)に示すように、この赤外線

透過基板1の外周を囲む枠4を、赤外線透過基板1の側面1Eに配置させる。枠4は黄銅から形成されており、図3(a)に示されるようにリング形状を有する。

【0041】上記のように配置された赤外線透過基板1の第1主面1Fおよび枠4の上面4Sに、保護膜3となる分子量340万、厚さ0.05mmの超高分子量高密度ポリエチレンフィルムを載せて、常温でホットプレート7とプレス6との間にセットする。このとき、超高分子量高密度ポリエチレンフィルムが配置される枠4の上面4Sは、凹凸が形成されるように粗く加工されていることが好ましい。これにより、保護膜3である超高分子量高密度ポリエチレンフィルムと、枠4とをより強固に接着できるからである。

【0042】次に、図4(b)に示すように、赤外線透過基板1の下面に配置されたホットプレート7を150℃以上、好ましくは170~220℃に加熱する。本実施形態のように枠4の材料である金属(黄銅、線膨張係数18.4 $\times 10^{-6}$)の線膨張係数が、赤外線透過基板1の材料(シリコン、線膨張係数4.2 $\times 10^{-6}$)の線膨張係数よりも大きい場合には、温度上昇時に、枠4が赤外線透過基板1よりも膨張するために、赤外線透過基板1の側面1Eと基板1の外周を囲む枠4との間に隙間8が生じる。

【0043】下記の表1は、本実施の形態で好適に使用可能な赤外線透過基板1および枠4の材料を、1℃当たりの線膨張係数と共に示す。また、表2は、赤外線透過基板1の線膨張係数と、枠4の線膨張係数との差を考慮した場合に、本実施の形態で好適に使用される基板1と枠4との材料の組み合わせを示す。

【0044】

【表1】

	材料	線膨張係数 (10^{-6})
基板	シリコン	4.2
	ゲルマニウム	6.1
	ZnS	6.9
	ZnSe	8.5
枠	銅	11.7
	ステンレス	17.3
	黄銅	18.4
	りんせい銅	18.4
	チタン	8.4
	マグネシウム合金	25.9

【0045】

【表2】

番号	基板材料	枠材料
1	シリコン	銅
2		ステンレス
3		黄銅
4		りんせい銅
5		チタン
6		マグネシウム合金
7	ゲルマニウム	銅
8		ステンレス
9		黄銅
10		りんせい銅
11		チタン
12		マグネシウム合金
13	ZnS	銅
14		ステンレス
15		黄銅
16		りんせい銅
17		チタン
18		マグネシウム合金
19	ZnSe	銅
20		ステンレス
21		黄銅
22		りんせい銅
		マグネシウム合金

上記の表2に示すように、赤外線透過基板1の線膨張係数と、枠4の線膨張係数との差が約 2×10^{-6} 以上であるように、赤外線透過基板1および枠4の材料を選択することが好ましい。図4(b)の加熱工程時に、枠4と赤外線透過基板1の側面1Eとの間に十分な隙間8を形成できるからである。

【0046】なお、線膨張係数の差を考慮しないで、赤外線透過基板1と同程度の線膨張係数を有する材料を枠4に使用する場合には、図3(b)または(c)のように、内周側に突起Pを有するリング状の枠を用いることが好ましい。このような形状の枠を使用すると、赤外線透過基板1の側面1Eと枠4との間に隙間8が形成され、超高分子量高密度ポリエチレンフィルム3が突起Pに引っ掛かる。これにより、上記で説明した図1(b)の赤外線カメラ用光学窓10と同様に、保護膜3を赤外線透過基板1の側面1Eと枠4との間に挟み込むことができるので、保護膜3を赤外線透過基板1の第1主面1Fおよび枠4の表面4Sに強固に接着させて、剥がれにくくすることができる。なお、図4(b)を参照して説明したように、本実施形態のように枠4に、赤外線透過基板1の線膨張係数よりも大きい材料を用いた場合においても、図3(b)および(c)に示す形状の枠4を使用してもよい。この場合、超高分子量高密度ポリエチレンフィルム3を、枠4と赤外線透過基板1の側面1Eとの間により確実に挟み込ませることができるので、赤外線透過基板1の第1主面1Fおよび枠4の表面4Sから、フィルム3がより剥がれにくくなる。

【0047】次に図4(c)に示すように、ホットプレート7を加熱した状態でプレス6によって赤外線透過基

板1に圧力を加え、超高分子量高密度ポリエチレンフィルム3を赤外線透過基板1の第1主面1F、および枠4の表面4Sに融着させる。このとき、図4(b)の工程で赤外線透過基板1と枠4との間に形成された隙間8に、超高分子量高密度ポリエチレンフィルム3の外周付近部分3Eが入り込む。

【0048】次に図4(d)に示すように、ホットプレート6の温度を下げて赤外線透過基板1および枠4を冷却させる。温度の低下に伴って赤外線透過基板1の外周を囲む枠4が縮んで、赤外線透過基板1の側面1Eと枠4との間の隙間8が狭くなり、最終的に、隙間8にフィルム3が挟みこまれた状態で基板1の側面1Eと枠4とが接合される。このように、フィルム3は、その外周付近部分3Eが基板1の側面1Eと枠4との間に挟み込まれて強固に固定された状態で、基板1の第1主面1Fおよび枠4の表面4Sに接着されるので、フィルム3を基板1または枠4から剥がれにくくすることができる。

【0049】なお、図4(d)の冷却工程において、超高分子量高密度ポリエチレンフィルム3がより確実に基板1の側面1Eと枠4との間に挟み込まれるようにするために、基板1の温度が 100°C 以下、好ましくは 50°C 以下に下がるまで、プレス6に基板1を固定しておくことが望ましい。

【0050】以上のようにして、本実施の形態の赤外線カメラ用光学窓10を作製することができる。上記の方法で作製された赤外線カメラ用光学窓10の保護膜3の耐摩耗性を検証するために、スチールウールによる摩擦試験を行った。なお、上述したように、上記の方法で作製された赤外線カメラ用光学窓10において、赤外線透過基板1としてシリコン、好ましくは結晶方位(111)の単結晶からつくられたシリコン、枠4として黄銅、保護膜3として分子量340万で厚さ0.05mmの超高分子量高密度ポリエチレンフィルムを使用している。図5(a)に摩擦試験の結果を示す。実線はスチールウールによる摩擦前、破線は摩擦後の、 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ 付近の赤外線吸収スペクトルである。図5(a)に示すように、本実施形態の赤外線カメラ用光学窓10によると、摩擦前後での上記波長領域における平均透過率の低下は1%未満であり、非常に小さかった。

【0051】上記本実施の形態の赤外線カメラ用光学窓と耐摩耗性を比較するために、保護膜として分子量30万、厚さ0.05mmの高密度ポリエチレンを用いる以外は、本実施の形態と同様の方法で比較例の赤外線カメラ用光学窓を作製し、上記と同様のスチールウールによる摩擦試験を行った結果を図5(b)に示す。図5(b)に示されるように、摩擦前後での赤外線波長領域での平均透過率の低下率は5%であり、図5(a)に示す本実施の形態の赤外線カメラ用光学窓10の低下率に比べて大きかった。

【0052】図5(a)と図5(b)との比較により、

30

40

50

本実施の形態の赤外線カメラ用光学窓10のように、超高分子量高密度ポリエチレンからなる保護膜3は、耐磨耗性に優れていることが分かる。従って、例えば室外で赤外線カメラ用光学窓10を有する赤外線カメラを使用した場合に、砂などが光学窓表面の保護膜3に接触しても、透過率の低下が発生しにくい。

【0053】下記に、比較例の赤外線カメラ用光学窓を説明する。(比較例)赤外線透過基板1としてZnSeを使用し、この基板1の外周を囲む枠4として、図3

(a)に示すリング形状のチタン製の枠4を使用し、保護膜として厚さ0.05mmの超高分子量高密度ポリエチレンフィルムを使用し、ホットプレートの温度を150℃にしてプレスにより、比較例1の赤外線カメラ用光学窓を作製した。

【0054】作製された比較例1の赤外線カメラ用光学窓をヒートサイクル試験にかけたところ、ヒートサイクル試験中に超高分子量高密度ポリエチレンフィルムが基板1から剥がれてしまい、超高分子量高密度ポリエチレンフィルムの接着性が不十分であることが分かった。これは下記の理由によると考えられる。

【0055】上記の表1に示すように、本比較例の赤外線透過基板1の材料であるZnSeの線膨張係数は 8.5×10^{-6} であり、枠4の材料であるチタンの線膨張係数は 8.4×10^{-6} であり、これらの線膨張係数の差が小さい。従って、製造工程においてホットプレートの加熱時に(図4(b)および(c)参照)、基板1の側面1Eと枠4との間に十分な隙間8が形成されず、超高分子量高密度ポリエチレンフィルム3が枠4と基板1の側面1Eとの間に十分挟み込まれなかった。これにより、ポリエチレンフィルム3を基板1の表面1Fおよび

枠4の表面4Sに強固に接着させることができなかった。

【0056】実施の形態2。図7は、本実施の形態に係る赤外線カメラ用光学窓の構造を示す模式断面図である。赤外線透過基板1の第1主面1F側の反射防止膜2と、保護膜3との間に接着層5を設けた以外は、実施の形態1の赤外線カメラ用光学窓と同様の構造を有する。接着層5は、保護膜3と反射防止膜2との接着力を高める働きを有し、重量平均分子量50万以下のポリエチレンを用い、以下の方法により形成することができる。赤外線透過基板1の第1主面側1Fの反射防止膜2の上に、重量平均分子量50万以下のポリエチレンフィルムと、重量平均分子量160-600万の超高分子量高密度ポリエチレンフィルムを、この順で載置して成形用の積層体とする。この成形用の積層体をホットプレート7とプレス6とから成る一対の金型の間に配置して、その金型を加熱し、かつその金型に積層体を加圧挟持させる。これにより、重量平均分子量50万以下のポリエチレンフィルムは反射防止膜2に融着して接着層5となる。また、重量平均分子量50万以下のポリエチレンフ

ィルムと重量平均分子量160-600万の超高分子量高密度ポリエチレンフィルムとは融着し界面で混在相を形成して一体化する。

【0057】重量平均分子量50万以下のポリエチレンは、重量平均分子量160-600万の超高分子量高密度ポリエチレンに比べ熱熔融時の流動性が大きいため反射防止膜2上の凹凸や赤外線透過基板1と枠4の間に入りこみ易く、反射防止膜2との間の接着力を大きくすることができる。一方、保護膜に超高分子量高密度ポリエチレンを用いることで、耐衝撃性、耐磨耗性、及び耐水性の高い保護膜が得られる。

【0058】実施の形態3。図8は、本実施の形態に係る赤外線カメラ用光学窓の構造を示す模式断面図である。保護膜3を、反射防止膜の直上の高密度層301と、その高密度層301の上の形成された低密度層302とで構成し、反射防止膜33の赤外線に対する屈折率を赤外線の入射面側より高密度層301側の方が大きくなる屈折率勾配を有するようにした以外は、実施の形態1の赤外線カメラ用光学窓と同様の構造を有する。

【0059】超高分子量高密度ポリエチレンから成る保護膜3は、高密度層301と、空隙が多く高密度層301よりも密度の小さい低密度層302で構成されているので、低密度層302は、入射光に対する反射防止層としての機能を有している。すなわち、低密度層302の赤外線に対する屈折率は赤外線の入射面では1であり、高密度層301に近づくにつれて大きくなりポリエチレンの屈折率と等しくなる。このような低密度層302の赤外線に対する屈折率勾配は、例えばポリエチレンに微細な凹凸を作り単位体積あたりのポリエチレン含有量を変化させることで実現することができる。屈折率は単位体積あたりのポリエチレンの含有量に比例して大きくなる。そこで、微細な凹凸の高さを深さ方向で連続的に変化させることで、深さ方向におけるポリエチレンの含有量を変化させ、赤外線に対する屈折率を変化させることができる。例えば、超高分子量高密度ポリエチレンは波長8~12 μ m帯の赤外線に対しては約1.5の屈折率を持ち、空気に対する屈折率差から約4%の表面反射損失が発生する。保護膜3側で屈折率が大きくなる屈折率分布を有する第2の反射防止膜を設けることにより、保護膜3における表面反射損失を低減することができる。ここで、低密度層の厚さは、入射光の波長の1/4波長となる1~3 μ mであることが好ましい。

【0060】低密度層302は、例えば、以下の方法を用いて形成することができる。

(形成方法1)図4に示した融着工程において用いる一対の金型の内、保護膜3と接するプレス金型6の型面に作られた微細な凹凸パターンを転写することで形成することができる。ここで、型面の微細な凹凸パターンは、型面を酸でエッチングする、あるいは型面をプラスト処理する等の表面処理により形成することができる。型面

の微細な凹凸パターンは、JIS B 0601で規定される最大高さ R_y が、低密度層の厚さ以下となるように形成する必要がある、最大高さ R_y を $3\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。転写により、保護膜の表面に、型面の微細な凹凸パターンに対応した微細な凹凸を持つ層を形成する。これにより、高密度層側に近づくにつれて、空隙を少なくした、あるいは超高分子量高密度ポリエチレンの含有量を大きくした低密度層を形成することができる。

【0061】(形成方法2) 保護膜3の表面に重量平均分子量1〜50万のポリエチレンを融着する。ここで、超高分子量高密度ポリエチレンフィルムと重量平均分子量1〜50万のポリエチレンフィルムを反射防止膜の上に積層して、加熱圧着し保護膜の形成と、重量平均分子量1〜50万のポリエチレンの融着とを一度に行っても良く、あるいは、保護膜を形成後、新たに保護膜の表面に重量平均分子量1〜50万のポリエチレンを融着しても良い。重量平均分子量1〜50万のポリエチレンは融着により保護膜3の超高分子量高密度ポリエチレンと界面で混在層を作って固まる。

【0062】次いで、融着させた重量平均分子量1〜50万のポリエチレンを酸性溶液でエッチングすることにより溶解除去する。これにより、界面では超高分子量高密度ポリエチレンだけが残し、保護膜の表面には微細な凹凸を持つ層が形成される。ここで、エッチングによる溶解除去量は、表面で多く、高密度層に近づくにつれて少なくなるという分布を有する。これにより、高密度層側に近づくにつれて、空隙を少なくした、あるいは超高分子量高密度ポリエチレンの含有量を大きくした低密度層を形成することができる。エッチングに用いる酸性溶液には溶解力の大きい硝酸が好ましい。さらに、硝酸の濃度は、20%以下が好ましい。20%以下であれば、ほぼ重量平均分子量1〜50万のポリエチレンのみを溶解することができる。また、エッチング速度を高めるため、エッチング時の温度は、 $40^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ が好ましい。

【0063】実施の形態4. 図9は、本実施の形態に係る赤外線カメラ用光学窓の模式断面図である。赤外線透過基板1の両面が赤外線の入射方向に凸の曲面形状を有している以外は、実施の形態1の赤外線カメラ用光学窓と同様の構造を有する。赤外線透過基板1の形状を平面から赤外線の入射方向に凸の曲面形状とすることで、光学窓に光線を屈折させるレンズ作用を発現させることができる。その結果、光学系のレンズを削減することができる。赤外線カメラの低コスト化を行うことが可能となる。なお、本実施の形態では、赤外線透過基板の両面が赤外線の入射方向に凸の曲面形状を有している場合を示したが、赤外線透過基板1の片面もしくは両面を、上記凸の曲面形状以外の曲面形状とした場合においても、同様の効果を有する。

【0064】ここで、赤外線透過基板に曲面形状を有する基板を用いる場合、以下の方法により光学窓を形成することができる。図4に示した融着工程において、第1主面1F及び第2主面1Bに反射防止膜2を有する赤外線透過基板1の第1主面1F上に超高分子量高密度ポリエチレンフィルムを載置して成形用の積層体とする。この積層体を、ホットプレート7とプレス6とから成る一対の金型の間に配置するに際し、積層体とプレス6との間に、第1主面1Fの曲面形状と整合する表面形状を有するゴムから成る弾性部材41を配置し、その弾性部材41を介在させ積層体を加熱した一対の金型により加圧挟持する。図10に示すように、積層体を弾性部材41で挟んで加圧することにより超高分子量高密度ポリエチレンフィルムを均等に加圧することができる。これにより、保護膜3の厚さを均等にすることが可能となる。

【0065】ここで、弾性部材41の表面形状は、以下の式で表わすことができる。すなわち、赤外線透過基板1の表面形状が3次元の x, y, z 座標を用いて、

$$z = f(x, y)$$

と表されるとき、弾性部材41の表面形状を、

$$z = a \cdot f(x/a, y/a)$$

の式で規定することができる。ここで、 a は、 $0 < a \leq 1$ の定数である。これにより、赤外線透過基板1の片面が半径 r の球面の場合、加圧時の弾性部材の変形量を概ね均一にして、 $(1-a)r$ 程度とすることができる。 $1 < a$ とすると、単純に弾性部材の方が赤外線透過基板よりも小さくなるので、 z 方向以外の応力が働くからである。

【0066】

【発明の効果】上述したように、本発明の赤外線カメラ用光学窓によると、保護膜を高分子材料から形成することにより、従来のように保護膜として高価なダイヤモンド薄膜やDLC薄膜を使用する必要がないので、赤外線カメラ用光学窓の低コスト化を図ることができる。

【0067】上記保護膜の材料である高分子材料が、重量平均分子量が160万以上の超高分子量高密度ポリエチレンであれば、耐衝撃強度、耐摩耗性、および耐水性に優れ、さらに、良好な赤外線透過率を有する赤外線カメラ用光学窓を提供することができる。

【0068】上記保護膜の厚さが 0.1mm 以下であれば、保護膜の厚さによる透過率の低下を抑制できる。また、保護膜が、融着によって第1主面の反射防止膜上に接着されていれば、保護膜が強固に反射防止膜上に接着される。

【0069】上記赤外線透過基板の側面に、金属製の枠が設けられることが好ましい。

【0070】赤外線透過基板の第1主面上の保護膜が枠の表面を覆い、保護膜が覆われる枠の表面が粗く加工されていると、保護膜を枠の表面により強固に接着できる。

【0071】上記金属製の枠の線膨張係数が、赤外線透過基板の線膨張係数がよりも大きければ、本発明の赤外線カメラ用光学窓の製造工程の加熱工程において、線膨張係数の差によって、赤外線透過基板の側面と枠との間に隙間を生じさせて、この隙間に保護膜を挟み込むことができる。

【0072】金属製の枠の線膨張係数と、赤外線透過基板の線膨張係数との差が 2×10^{-6} 以上であれば、枠と基板の側面との間に十分な隙間を形成できるので、赤外線透過基板と枠との間に確実に保護膜を挟み込むことができる。

【0073】上述したように、赤外線透過基板の側面と金属製の枠との間に、保護膜が挟み込まれていれば、保護膜を基板表面から剥がれにくくすることができる。

【0074】また、赤外線透過基板に、シリコンから成り、厚さが1mm～3mmの基板を用いるようにしたので、低コストで透過率の高い光学窓を提供できる。

【0075】また、赤外線透過基板の第1主面側の反射防止膜と保護膜との間に、重量平均分子量が1～50万のポリエチレンから成る接着層を設けるようにしたので、反射防止膜と保護膜との間の接着力を向上させることができる。

【0076】また、保護膜を、高密度層と、その高密度層の上に形成された低密度層とで構成するようにしたので、保護膜における表面反射損失を低減することができる。

【0077】また、低密度層に、高密度層に近づくにつれて屈折率が大きくなるような屈折率勾配を設けるようにしたので、保護膜における表面反射損失をより低減できる。

【0078】また、赤外線透過基板に、レンズ作用を発現可能な曲面形状を有するものを用いるようにしたので、光学系のレンズを減らすことができ、より低コストの赤外線カメラを提供することが可能となる。

【0079】また、本発明の赤外線カメラ用光学窓を、赤外線カメラの光学窓として使用するようにしたので、安価で感度の高い赤外線カメラを提供することができる。

【0080】また、本発明の赤外線カメラ用光学窓の製造方法は、赤外線透過基板の第1主面側の反射防止膜の上に、保護膜となる超高分子量高密度ポリエチレンフィルムを載置して、加熱圧着し、そのポリエチレンフィルムを第1主面側の反射防止膜に融着させるようにしたので、低コストの赤外線カメラ用光学窓を作製できる。

【0081】また、一方の金型は微細な凹凸から成る型面を有し、その型面を保護膜の表層に転写するようにしたので、保護膜の表面に微細な凹凸を簡便に形成することができる。

【0082】また、保護膜の表面に、重量平均分子量1～50万のポリエチレンフィルムを融着させ、その融着

させた重量平均分子量1～50万のポリエチレンフィルムを酸性溶液によりエッチングして除去するようにしたので、保護膜の表面に微細な凹凸を簡便に形成することができる。

【0083】また、赤外線透過基板の曲面形状と整合可能な表面形状を有する弾性部材を、第1主面側の金型と積層体との間に配置して、弾性部材を介在させ積層体を加圧するようにしたので、曲面形状の赤外線透過基板であっても、均一な厚さを持つ保護膜を形成することができる。

【0084】また、赤外線透過基板の曲面形状が、3次元のxyz座標を用いて、 $z = f(x, y)$ で表される時、その曲面形状に整合可能な弾性弾性部材の表面形状が $z = f(ax, ay) / a$ 、 $0 < a \leq 1$ で表されるようにしたので、赤外線透過基板を均等に加圧することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 (a)は赤外線カメラの赤外線採光部の模式図であり、(b)は実施の形態1の赤外線カメラ用光学窓の断面図である。

【図2】 (a)は、図1(b)の赤外線カメラ用光学窓を第1主面から見た平面図であり、(b)は、図1(b)の赤外線カメラ用光学窓を第2主面から見た平面図である。

【図3】 実施の形態1の赤外線カメラ用光学窓に使用され得る様々な形状の枠を示す図である。

【図4】 (a)～(d)は、実施の形態1の赤外線カメラ用光学窓の製造方法を説明するための図である。

【図5】 (a)は実施の形態1の赤外線カメラ用光学窓に対する摩擦試験の結果を示すグラフであり、(b)は比較例の赤外線カメラ用光学窓に対する摩擦試験の結果を示すグラフである。

【図6】 (a)は従来の赤外線カメラ用光学窓の断面図であり、(b)は図6(a)の赤外線カメラ用光学窓を矢印の方向から見た平面図である。

【図7】 実施の形態2の赤外線カメラ用光学窓の断面図である。

【図8】 実施の形態3の赤外線カメラ用光学窓の断面図である。

【図9】 実施の形態4の赤外線カメラ用光学窓の断面図である。

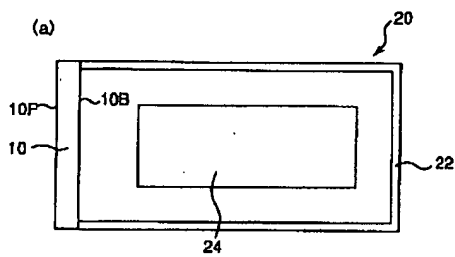
【図10】 実施の形態4の赤外線カメラ用光学窓の製造方法を説明するための図である。

【符号の説明】

1 赤外線透過基板、 1F 第1主面、1B 第2主面、1E 側面、 2 反射防止膜、 3 保護膜、301 高密度層、302 低密度層、 4 枠、5 接着層、6 プレス、7 ホットプレート、8 隙間、10、40 赤外線カメラ用光学窓、 10F 第1主面、10B 第2主面、20 赤外線採光部、 22

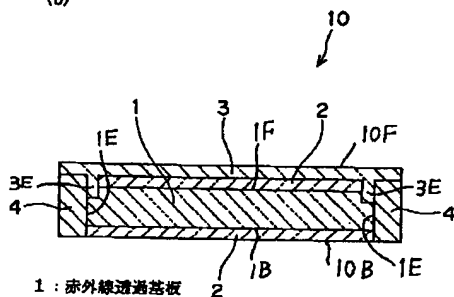
防水ケース、 24 光学系、 41 弾性部材、 P 突起。

【図1】



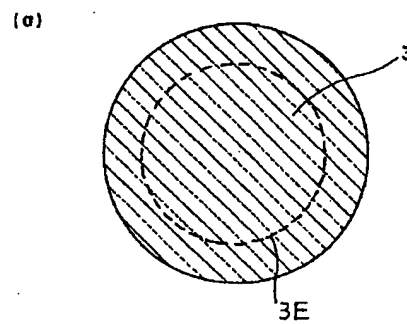
10: 赤外線カメラ用窓レンズ 10F: 第1主面
10B: 第2主面 20: 赤外線発光部
22: 防水ケース 24: 光学系

(b)

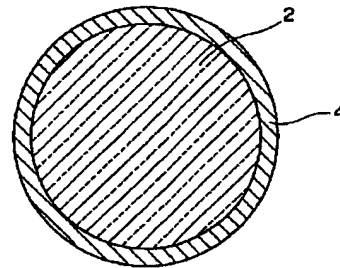


1: 赤外線透過基板 2: 反射防止膜 1E: 側面
3: 保護膜 1F: 第1主面 1B: 第2主面
4: 枠

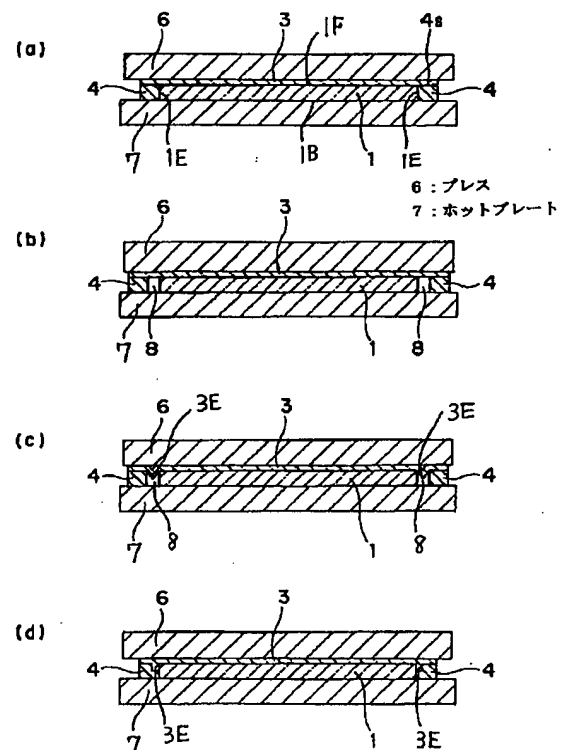
【図2】



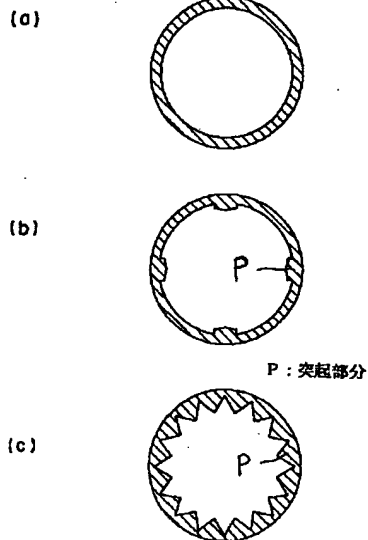
(b)



【図4】

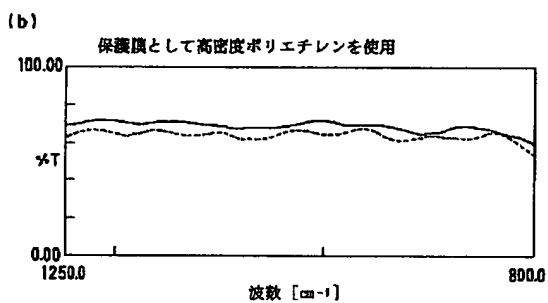
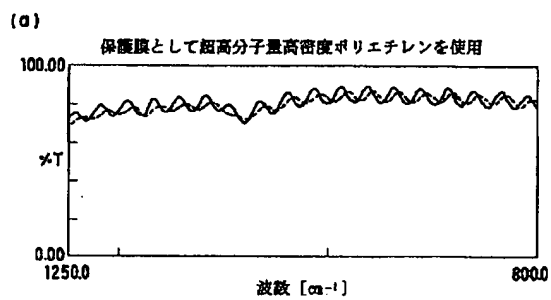


【図3】

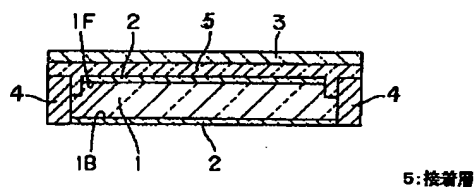


P: 突起部分

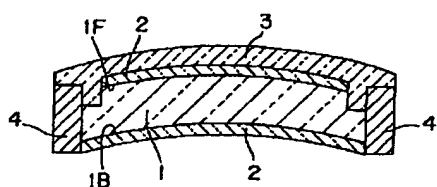
【図5】



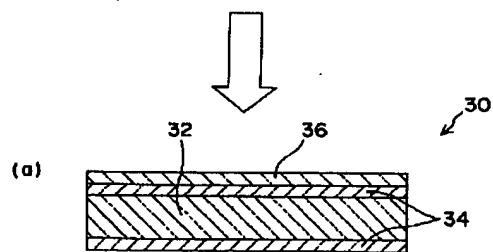
【図7】



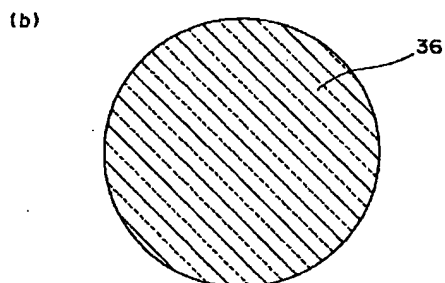
【図9】



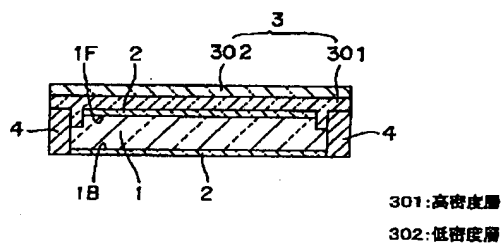
【図6】



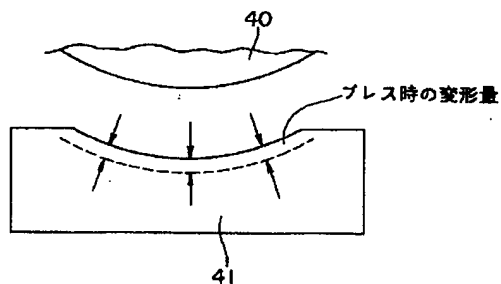
30: 赤外線カメラ用窓レンズ
 32: 赤外線透過基板
 34: 反射防止膜
 36: 保護膜



【図8】



【図10】



40: 赤外線カメラ用光学窓
 41: 弾性部材

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
G 0 3 B	11/00	G 0 3 B 17/02	
	15/00	G 0 2 B 1/10	A
	17/02		Z
(72) 発明者 中野 貴敬		(72) 発明者 蔵田 哲之	
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三	
菱電機株式会社内	10	菱電機株式会社内	
(72) 発明者 玉川 恭久		Fターム(参考) 2H048 CA01 CA05 CA14 CA17 CA25	
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三		2H083 AA04 AA22 AA32	
菱電機株式会社内		2H100 BB06 CC02	
(72) 発明者 鴨沢 誠		2K009 AA04 AA15 BB04 CC01 CC02	
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三		CC21 DD01 DD06 EE00	
菱電機株式会社内			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.